



УДК 62-1/-9

## ЗБІЛЬШЕННЯ НАДІЙНОСТІ І БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИСОКОДЕБІТНИХ СВЕРДЛОВИН

В. П. Червінський<sup>1\*</sup>, Р. Ю. Мельник<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

\*Відповідальний автор: e-mail: [chervinpench@ukr.net](mailto:chervinpench@ukr.net), тел. (050) 634-10-22.

## THE INCREASING OF RELIABILITY AND SAFETY OF OPERATION OF HIGH-YIELD WELLS

V. Chervinsky<sup>1\*</sup>, R. Melnyk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Technical University "Kharkiv Polytechnical Institute";

\* Viewed by the author: e-mail: [chervinpench@ukr.net](mailto:chervinpench@ukr.net), tel. (050) 634-10-22.

### ABSTRACT

**Purpose.** The article contains information about the problems of protecting high-yield wells.

**Findings.** The principles of operation of the ball valve of the shut-off valve and its main differences from the flopper shutter are considered in detail. Also, the geometric parameters of the ball itself are demonstrated in detail. Examples of design are given, and the operating principle of the most common models of shut-off valves is described.

**Originality.** The authors explain the necessity of equipment for high-bit wells with complexes of underground downhole equipment (CUDE).

**Practical implications.** There are the circumstances in which the potentially high emergency danger of oil and gas producing enterprises is increased, and the measures necessary to improve them.

**Keywords:** high-yield wells, accidents, CUDE, shutoff valve, ball valve, flopper shutter, saddle, calibrated choke, oil, gas.

### 1. ВСТУП

За останні роки суттєво зросли темпи видобутку нафти і газу. На жаль, лише деякі компанії в гонитві за великими прибутками дотримуються всіх необхідних заходів з техніки безпеки, і часто це може призвести до аварій і нещасних випадків.

Потенційно висока аварійна небезпека підприємств з видобутку нафти і газу в світовому вимірі посилюється трьома обставинами. По-перше, відбувається прискорене впровадження нових, більш інтенсивних технологій видобутку, зберігання і підготовки нафти і газу. По-друге, видобуток нафти і газу реалізується в районах з суворим кліматом і на континентальному шельфі морів. Зазначені дві обставини вимагають нових прогресивних підходів до забезпечення пожежної безпеки об'єктів нафтогазової галузі. По-третє, застаріла нормативна база забезпечення пожежної безпеки. Більшість нормативних документів в цій галузі затверджені в 80-х роках 20-го століття різними міністерствами і відомствами і не враховують як наукові досягнення, отримані в останні

роки, так і специфіку нових технологій видобутку, зберігання і підготовки нафти і газу.

Правила експлуатації газових свердловин та проекти розробки вимагають встановлювати у високодебітних глибоких свердловинах, або в разі експлуатації родовищ з агресивною продукцією, комплекси підземного свердловинного обладнання (КПО). Тобто, більшості аварій можна було б уникнути, використовуючи комплекс обладнання для захисту свердловин. Як правило, КПО включає в свій склад пакер, циркуляційний клапан, інгібіторний клапан та клапан-відсікач, вимоги до якого найбільш високі. Клапани-відсікачі призначені для автоматичного перекриття колони насосно-компресорних труб (НКТ) і відсікання потоку продукції свердловини при порушенні встановленого режиму її експлуатації в результаті часткового пошкодження або повного руйнування гирлового обладнання, порушення герметичності експлуатаційної колони свердловини, затрубний простір якої загерметизовано пакером.

Через брак свердловинного внутрішнього простору, при проектуванні та виготовленні вузлів КПО, кожен міліметр діаметра вузлів старанно врахо-

вується, але внутрішні їх діаметри не можуть забезпечити рівнопрохідний перетин. Тобто, маємо виникнення місцевих звужень на шляху руху продукції до устя, а відповідно зменшення можливого дебіту. Ці обставини часто ускладнюють спуск в привибійну зону приладів для дослідження свердловин. Промислові геологи через цю причину не являються прибічниками КПО.

Як приклад деяких відомих найстрашніших аварій і катастроф, що сталися на нафтогазових промислах за останні роки, є аварія в Мексиканській затоці на платформі *Deerwater Horizon* яка тривала багато місяців і призвела до катастрофічних наслідків, а також факт підриву армією Іраку, під час агресії в Кувейті, гирла фонтанних нафтових і газових свердловин. Більшість свердловин у цих районах не було забезпечено комплексами підземного свердловинного обладнання.

## 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Нами були проведені розрахунки і дослідження основного вузла клапанів-відсікачів (КВ).

Необхідно вказати, що найбільш поширені автономні запобіжні клапани-відсікачі диференційного типу. Вони управляються потоком середовища, що проходить через чутливий елемент клапана – змінний калібрований штуцер.

Внаслідок дроселювання на штуцері виникає перепад тиску, що діє на підпружинену ланку, тим або іншим способом пов'язану із затвором клапана. Від величини перепаду тиску на каліброваному штуцері залежить, чи буде затвор клапана перебувати у відкритому положенні, чи буде закритий. При цьому вибір конструкції затвора здійснюється таким чином, щоб при коротких сплесках дебіту свердловини, які можуть бути викликані структурами потоків, не відбувалося передчасне закриття КВ.

Конструктивне оформлення затвора запобіжних КВ визначає два важливі показники – якість герметизації, тобто надійність перекриття колони ліфтових труб в місці установки КВ, і максимально можливу величину проходу з метою отримання мінімальних перепадів тиску.

Саме тому автономні клапани-відсікачі необхідно встановлювати в свердловині на глибині, близькій до вибою. Верхнім обмеженням є рівень тиску насичення газу і відкладення парафіну, якщо вони в значних пропорціях присутні в складі продукції свердловини.

Існує кілька типів конструкцій затворів: захлопковий (швидко-закривний), кульовий, тарілчастий і гільзовий, однак, найбільшого поширення набули захлопковий і кульовий затвори.

Захлопковий затвор, як правило, дуже чутливо реагує на швидкі зміни швидкості потоку свердловинної продукції, що може призвести до гідравлічних ударів. Крім того, тарілчаста засувка досить складна у виготовленні. Також, серед недоліків слід зазначити те, що засувка має всього одну ступінь свободи та самовстановлюватися у сідлі-ніпелі не може.

Тому конструкція клапана-відсікача з кульовим затвором вважається найбільш працездатною.

На рис. 1 представлена типова конструкція автономного запобіжного КВ з кульовим затвором, розроблена американськими компаніями "Baker oil tools" ("Бейкер ойл тулс") і "Otis" ("Отіс").

Під дією перепаду тиску, який виникає на штуцері 4 при проходженні через нього свердловинного середовища, рухома ланка: калібрований штуцер 4, гільза 3, робоче сідло 5, куля 10 з тягами 13 поступово переміщається догори, стискаючи пружину 1. Одночасно куля 10 повертається щодо робочого сідла 5 в опорних осях 7, які жорстко зв'язані з тягами 13, ті, в свою чергу, вкленені у зовнішню кільцеву проточку 12 робочого сідла 5. На кулі 10 з обох сторін в поверхнях, перпендикулярних до опорних осей 7 виконані фігурні пази 11, в які постійно входять два штифта 6, жорстко пов'язані з нерухомим корпусом 9. Вісі пазів 11 розташовані відносно осі клапана під кутом  $45^{\circ}$ .

При поступовому русі догори куля 10 пазами 11 нашттовується на нерухомі осі 6 і одночасно повертається в опорних вісях 7 щодо робочого сідла 5. Кут повороту кулі дорівнює  $90^{\circ}$ , тобто з нижнього відкритого положення, при якому отвір у робочому сідлі 5 збігається з отвором в кулі, у верхнє положення, в якому куля перекриває робочий канал. Таким чином, куля 10 здійснює складний поступальний рух вздовж осі клапана і одночасно обертальний навколо свого центру. Свій рух куля 10 продовжує до тих пір, поки верхній торець робочого сідла 5 не упреться в нижній торець перевідника 14. Нижнє сідло 8 в корпусі 9 є неробочим і служить лише обмежувальним упором, який фіксує куля 10 у відкритому положенні.

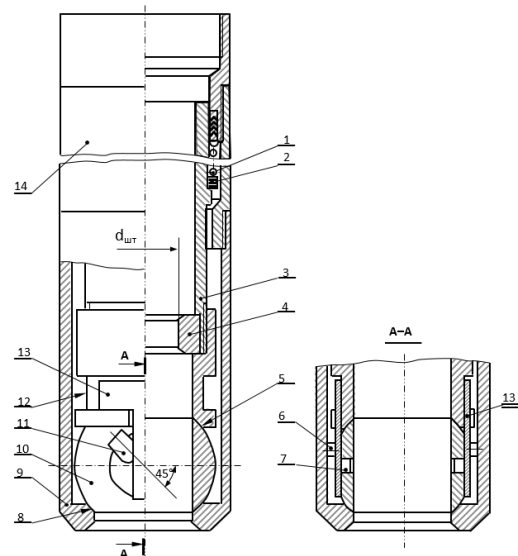


Рис. 1 - Автономний клапан-відсікач з кульовим затвором: 1 – пружина; 2 – пікладкові кільця; 3 – гільза; 4 – змінний калібрований штуцер; 5 – робоче сідло; 6 – нерухомі штифти; 7 – вісь; 8 – нижнє сідло; 9 – корпус; 10 – куля; 11 – пази в кулі; 12 – кільцева проточка; 13 – зчеплення; 14 – перехідник.

Настроювання клапана на закриття при різному дебіті фонтанної свердловини відбувається зміною  $d_{шт}$

внутрішнього діаметра змінного каліброваного штуцера 4, жорсткості пружини 1 і числа підкладкових кілець 2.

Оригінальним в конструкції затвора є те, що запірний орган – куля, постійно пов'язана з верхнім робочим сідлом. Контакт кулі з сідлом дозволяє захистити активну поверхню кулі і сідла від абразивного впливу потоку свердловинного середовища. Кульовий затвор у порівнянні з захлопковим закривається плавно, що виключає можливість гідравлічного удару. Разом з тим конструкція кульового затвора має серйозний недолік. Внаслідок жорстких кінематичних зв'язків, накладених на клапанну пару «куля - сідло», а саме: «сідло-тяги-опорні вісі-куля-нерухомі штифти-пази кулі» – все це для забезпечення точної і щільної посадки кулі в сідло, вимагає особливо точної механічної обробки всіх деталей і їх підгонки при складанні клапана в цілому.

Крім того, специфіка роботи кульового затвора в КВ має принципову відмінність від захлопкового. Вона полягає в тому, що величина проходу в захлопковому затворі визначається внутрішнім діаметром встановленого змінного каліброваного штуцера  $d_{шт}$  і є величиною постійною при розрахунку перепаду тиску, який виникає на штуцері при проходженні через нього свердловинного середовища у відкрите положення. Тому КВ з захлопковим затвором може налаштовуватися в досить широкому діапазоні коефіцієнта безпеки.

Складніше відбувається процес закриття в кульових затворах. Величина проходу в кульовому затворі також, як і в захлопковому, визначається внутрішнім діаметром встановленого змінного штуцера  $d_{шт}$ . Відмінність полягає в тому, що куля 10 містить у собі прохідний отвір  $d$  і одночасно служить запірним органом отвору в робочому сідлі 5, з яким він постійно пов'язаний.

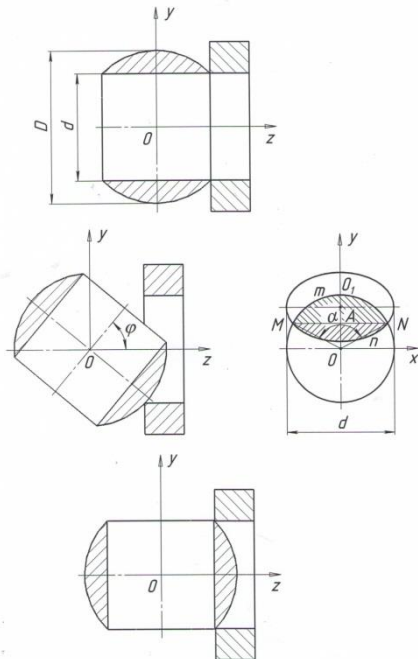


Рис. 2 - Схема дії кульового затвора

На рис. 2 схематично показано закриття кульового затвора. У відкритому положенні центральний прохідний отвір в кулі і прохід в штуцері  $d$  знаходяться на одній осі. При досягненні критичного дебіту на штуцері виникає критичний перепад тиску і штуцер разом з кулею поступово переміщуються уверх вздовж вісі затвора.

У певний момент прохідний перетин в робочому сідлі стане еквівалентно меншим проходу в штуцері  $d_{шт}$  і тоді перепад тиску виникає вже не на штуцері, а на кулі. Як наслідок, це може призвести до швидкого зростання критичного перепаду тиску і швидкого закриття КВ. Тому при розрахунку критичного перепаду тиску, на відміну від захлопкового, він не може бути прийнятий за постійну величину. Для цього необхідно розрахувати величини довжини ходу кулі і прохідного перерізу, по досягненні яких відбудеться закриття клапана.

### 3.ВИСНОВКИ

Таким чином, проведений аналіз та результати експлуатації пакерних свердловин з кульовими клапанами-відсікачами показують, що застосування цих клапанів найбільше відповідає вимогам збільшення надійності і безпеки при експлуатації високодебітних свердловин.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ценципер А. И. Основы эксплуатации и ремонта нефтегазовых скважин / А. И. Ценципер. – Х.: НТУ «ХПИ», 2016. – 443 с.
2. Зайцев Ю.В., Максutow Р.А., Асфандияров Х.Ф. Оборудование для предотвращения открытых фонтанов нефтяных и газовых скважин /. – М.: Недра, 1973.
3. Ценципер А.И., Зеленский М.В. Безопасность и техника защиты высокодебитных фонтанных скважин // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Х.: НТУ «ХПИ», 2014. – № 1(1044). – С. 222-227.
4. Бойко В.С. Технология добычи нефти: Підручник / В.С. Бойко. – Івано-Франківськ: Нова зоря, 2012. – 827 с.
5. Векерик В.І. Дослідження характеристик свердловинного насоса / В.І.Векерик, О.В. Паневник // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Сер. Буріння нафтових і газових свердловин. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. – 1998. – №35. – Т. 2 – С. 98-104.
6. Мищенко И.Т. Скважинная добыча нефти: Учебное пособие для вузов / И.Т. Мищенко. – М.: Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2007. – 826 с.
7. Абызбаев Б. И. Перспективы развития электробурения как высокотехнологичного способа строительства нефтяных и газовых скважин // Нефть, Газ и Бизнес. - 2001. - № 2. с 57-60.

## ABSTRACT (IN UKRAINIAN)

У статті сформульовано проблеми захисту високодебітних свердловин, пов'язані з потенційно високою аварійною небезпекою підприємств з видобутку нафти і газу, та описано заходи, необхідні для їх вирішення.

Авторами пояснена необхідність обладнання високодебітних свердловин комплексами підземного свердловинного обладнання (КПО). Наведено приклади конструкції, та описаний принцип дії найпоширеніших моделей клапанів-відсікачів.

Детально розглянутий принцип роботи кульового затвору клапана-відсікача та основні його відмінності від захлопкового. Також детально продемонстровані геометричні показники самої кулі.

**Ключові слова:** високодебітні свердловини, аварії, комплекс підземного свердловинного обладнання (КПО), клапан-відсікач, кульовий затвор, захлопковий затвор, сідло, калібрований штуцер, нафта, газ.

## ABSTRACT (IN RUSSIAN)

В статье приведены сведения о проблемах защиты высокодебитных скважин. Перечислены обстоятельства, при которых усиливается потенциально высокая аварийная опасность предприятий по добыче нефти и газа, и меры, необходимые для их улучшения.

Авторами объяснена необходимость оборудования высокодебитных скважин комплексами подземного скважинного оборудования (КПО). Приведены примеры конструкции, и описан принцип действия наиболее распространенных моделей клапанов-отсекателей.

Подробно рассмотрены принципы работы шарового затвора клапана-отсекателя и основные его отличия от захлопкового. Также подробно продемонстрированы геометрические показатели самого шара.

**Ключевые слова:** высокодебитные скважины, аварии, комплекс подземного скважинного оборудования (КПО), клапан-отсекатель, шаровый затвор, захлопочный затвор, седло, калиброванный штуцер, нефть, газ.

## ABOUT AUTHORS

Володимир Червінський – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічного інституту», доцент кафедри видобутку нафти, газу і конденсату; тел. : (050) 634-10-22; e-mail: chervinpench@ukr.net.

Роман Мельник – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент; тел (050) 650-84-16; e-mail: iramon47@mail.ru.